

Союз Советских
Социалистических
Республик



Государственный комитет
СССР

по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 998995

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 11.09.81 (21) 3337216/18-25

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 23.02.83, Бюллетень № 7

Дата опубликования описания 23.02.83

(51) М. Кл.³

G 01 V 3/18//
E 21 B 47/00

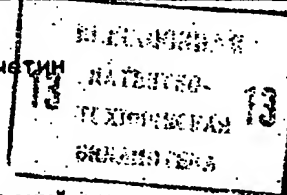
(53) УДК 550.837
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

В.А.Королев и В.Ф.Мечетин

(71) Заявитель

Всесоюзный научно-исследовательский институт
нефтепромысловой геофизики



(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАРОТАЖА

Изобретение относится к промыслово-геофизической технике, а более конкретно к аппаратуре электромагнитного каротажа скважин по затуханию поля, и может использоваться для выделения и определения азимутов осей электрической анизотропии азимутально неоднородных сред (например, определения азимута простирания трещин в трещинных коллекторах) в нефтяных, газовых, гидрогеологических и других скважинах, бурящихся с целью добычи и разведки полезных ископаемых. В промысловой геофизике большой интерес представляет выделение в разрезе скважин проницаемых пластов, называемых коллекторами.

Некоторые из коллекторов, например трещинные, характеризующиеся преимущественно вертикальным относительно слоистости пород наклоном трещин, являются азимутально неоднородными средами в отношении их удельного электрического сопротивления, т.е.

измеряемое удельное сопротивление зависит от азимута, по которому направлены токовые линии в этой среде. Зависимость удельного сопротивления от азимута направления токовых линий в однородных анизотропных средах представляет собой эллипс, большая и малая оси которого называются главными осями анизотропии. При разведке и разработке нефтегазоносных площадей большое значение имеет выявление зон трещиноватости и определение направления простирания главных систем трещин, как по глубине скважин, так, и по площади.

Известно устройство для электро-разведки по способу эллиптически поляризованного поля, в котором с помощью генератора, подключенного к индуктивному датчику, в горных породах возбуждают электромагнитное поле заданной частоты, а измерительным устройством, содержащим два взаимно перпендикулярных индуктивных датчика,

BEST AVAILABLE COPY

подключенных к двум балансным модуляторам, управляемых источником опорного напряжения, измеряют компоненты эллиптически поляризованного поля: амплитуду осей эллипса поляризации, их отношение, а также углы наклона этих компонент к земной поверхности.

Результаты измерений изображают в виде полярной диаграммы, на которых выделяют главные оси анизотропии и определяют их азимуты [1].

Однако это устройство позволяет определить азимуты главных осей анизотропии пород, залегающих только вблизи земной поверхности, и не позволяет производить измерения в скважинах. Устройство имеет малую детальность исследования разреза по вертикали и не дает возможности выделять пласты-коллекторы в разрезе скважин.

Наиболее близким по технической сути к изобретению является устройство для электромагнитного каротажа, состоящее из генератора высокой частоты, генераторной катушки, первой и второй приемных катушек, первого коммутаторного ключа, избирательного усилителя, входного коммутаторного ключа делительной системы и блока коммутации, причем первая и вторая приемные катушки соединены с управляемыми входами первого коммутаторного ключа, управляющий вход первого коммутаторного ключа соединен с первым выходом блока коммутации, выход избирательного усилителя подключен к первому входу делительной системы, второй вход делительной системы соединен с вторым выходом блока коммутации.

Это устройство позволяет производить расчленение разреза скважин по величине затухания горизонтальной составляющей магнитной компоненты высокочастотного электромагнитного поля. Устройство обладает большой радиальной глубиной исследования, зависящей только от расстояния между генераторной и приемными катушками, и высокой разрешающей способностью по мощности пластов, зависящей от расстояния между приемными катушками. Благодаря горизонтальному расположению момента генераторной катушки, возбуждаемое электромагнитное поле приобретает свойство азимутальной направленности, т.е. токовые линии в пласте, против которого расположены приемные катушки, направлены по на-

пластованию по определенному азимуту, зависящему от положения в пространстве оси генераторной катушки [2].

Однако известное устройство не позволяет выделять в разрезе азимутальные неоднородные среды (например трещинные коллекторы) и определять положение их главных осей анизотропии в пространстве, поскольку в процессе каротажа положение магнитного момента генераторной катушки в пространстве не задается и не контролируется и азимут момента катушки может принимать любое случайное значение. В этих условиях устройство не в состоянии выделять информацию об азимутально неоднородных средах.

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей устройства за счет выделения трещинных коллекторов и измерения азимутов главных осей их электрической анизотропии.

Цель достигается тем, что устройство для электромагнитного каротажа, содержащее генератор высокой частоты, первую генераторную катушку, первую и вторую приемные катушки, первый коммутаторный ключ, избирательный усилитель, делительную систему и блок коммутации, причем первая и вторая приемные катушки соединены с управляемыми входами первого коммутаторного ключа, управляющий вход первого коммутаторного ключа соединен с первым выходом блока коммутации, выход избирательного усилителя подключен к первому входу делительной системы, второй вход делительной системы соединен с вторым выходом блока коммутации, дополнительно введены вторая генераторная катушка, формирователь балансно-модулированных колебаний, третья и четвертая приемные катушки, второй коммутаторный ключ, восстановитель несущего колебания, фильтр верхних частот (ФВЧ), датчик азимута генераторных катушек, определитель максимумов напряжения, определитель перехода напряжения через нуль, измеритель временных интервалов и сумматор, причем оси первой и второй генераторных катушек взаимно перпендикулярны, генератор высокой частоты подключен к входу формирователя балансно-модулированных колебаний, первый выход формирователя соединен с первой генераторной катушкой, второй - с второй генераторной катушкой, третий - с первым входом восстановителя несущего

колебания, четвертый - с вторым входом восстановителя несущего колебания, оси третьей и четвертой приемных катушек взаимно перпендикулярны соответственно осям первой и второй приемных катушек, третья и четвертая приемные катушки соединены с управляемыми входами второго коммутаторного ключа, управляющий вход которого соединен с третьим выходом блока коммутации, выход первого коммутаторного ключа соединен с третьим входом восстановителя несущего колебания, а выход второго ключа - с его четвертым входом, выход восстановителя несущего колебания подключен к входу избирательного усилителя, выход делительной системы соединен с входом ФВЧ, выход фильтра подключен к входу определителя максимумов напряжения, выход определителя максимумов напряжения соединен с первым входом измерителя временных интервалов, вход определителя перехода напряжения через нуль подключен к третьему выходу формирователя балансно-модулированных колебаний, выход определителя перехода напряжения через нуль подключен к второму входу измерителя временных интервалов, выход измерителя временных интервалов соединен с первым входом сумматора, выход датчика азимута генераторных катушек подключен к второму входу сумматора, а выход сумматора является выходом устройства.

Формирователь балансно-модулированных колебаний состоит из генератора низкой частоты, ортогонального фазовращателя, первого и второго балансных модуляторов, первого и второго усилителей мощности, причем выход генератора низкой частоты соединен с входом ортогонального фазовращателя, первый выход которого соединен с первым входом первого балансного модулятора, этот же вход является третьим выходом формирователя балансно-модулированных колебаний, второй выход ортогонального фазовращателя подключен к первому входу второго балансного модулятора, который является четвертым выходом формирователя, вторые входы балансных модуляторов соединены между собой и являются входом формирователя балансно-модулированных колебаний, выход первого балансного модулятора подключен к входу первого усилителя мощности, выход которого является вторым выходом формирователя,

выход второго балансного модулятора подключен к входу второго усилителя мощности, выход которого является первым выходом формирователя балансно-модулированных колебаний.

Восстановитель несущего колебания состоит из первого и второго частотных смесителей и сумматора, причем первые входы частотных смесителей являются соответственно первым и вторым входами детектора, а вторые входы - соответственно третьим и четвертым его входами, выходы смесителей соединены с первым и вторым входами сумматора, выход которого является выходом восстановителя несущего колебания.

На фиг.1 представлена структурная схема устройства; на фиг.2 - структурные схемы определителя максимумов напряжения, определителя перехода напряжения через нуль и измерителя временных интервалов; на фиг.3 - взаимное расположение генераторных катушек устройства, токовых линий поля и трещин относительно направления на север в плоскости, перпендикулярной оси скважины; на фиг.4 - форма тока в первой генераторной катушке; на фиг.5 - форма тока во второй генераторной катушке; на фиг.6 - форма напряжения на входе определителя перехода напряжения через нуль; на фиг.7 - форма напряжения на входе определителя максимумов напряжения; на фиг.8 - форма напряжения на выходе определителя перехода напряжения через нуль; на фиг.9 - форма напряжения на выходе определителя максимумов напряжения; на фиг.10 - форма напряжения на входе интегратора измерителя временных интервалов.

Устройство содержит (фиг.1) генератор 1 высокой частоты, первую генераторную катушку 2, первую приемную катушку 3, вторую приемную катушку 4, первый входной коммутаторный ключ 5, избирательный усилитель 6, делительную систему 7, блок 8 коммутации, вторую генераторную катушку 9, формирователь 10 балансно-модулированных колебаний, включающий в себя генератор 11 низкой частоты, ортогональный фазовращатель 12, первый балансный модулятор 13, второй балансный модулятор 14, первый усилитель 15 мощности, второй усилитель 16 мощности, третью приемную катушку 17, четвертую приемную катушку 18, второй коммута-

торный ключ 19, детектор 20 несущего колебания, включающий в себя первый частотный смеситель 21, второй частотный смеситель 22 и сумматор 23, ФВЧ 24, датчик 25 азимута генераторных катушек 2 и 9, определитель 26 максимумов напряжения, определитель 27 перехода напряжения через нуль, измеритель 28 временных интервалов, сумматор 29.

Определитель 26 максимумов напряжения содержит (фиг.2) ортогональный фазовращатель 30, усилитель-ограничитель 31, первый дифференциатор 32, первый диод 33, триггер 34, второй дифференциатор 35, второй диод 36, узлы определителя 27 перехода напряжения через нуль: усилитель-ограничитель 37, дифференциатор 38, диод 39, узлы измерителя 28 временных интервалов: ключ 40, источник 41 эталонного напряжения, интегратор 42, сумматор 29.

На фиг.3 изображены генераторные катушки 2 и 9, направление на север 43, токовые линии 44 поля, трещины 45, направление простираения которых совпадает с главной осью анизотропии, вектор 46 напряженности магнитной компоненты поля, направление 47 вращения поля, α -азимут направления простираения трещин 45, β -азимут плоскости генераторной катушки 2, γ -угол между плоскостью генераторной катушки 2 и направлением простираения трещин 45.

Первая 3 и вторая 4 приемные катушки соединены с управляемыми входами первого коммутаторного ключа 5, управляющий вход первого коммутаторного ключа 5 соединен с первым выходом блока 8 коммутации; выход избирательного усилителя 6 подключен к первому входу делительной системы 7, второй вход делительной системы 7 соединен с вторым выходом блока 8 коммутации, генератор 1 высокой частоты подключен к входу формирователя 10 балансно-модулированных колебаний, первый выход формирователя 10 соединен с первой генераторной катушкой 2, второй - с второй генераторной катушкой 9, третий - с первым входом детектора 20 несущего колебания и одновременно - с входом определителя 27 перехода напряжения через нуль, четвертый - с вторым входом восстановителя 20 несущего колебания. Третья 17 и четвертая 18

приемные катушки соединены с управляемыми входами второго коммутаторного ключа 19, управляющий вход второго ключа 19 соединен с третьим выходом блока 8 коммутации, выход первого коммутаторного ключа 5 соединен с третьим входом восстановителя 20 несущего колебания, а выход второго ключа 19 - с четвертым входом детектора 20. Выход восстановителя 20 несущего колебания подключен к входу избирательного усилителя 6, выход делительной системы 7 соединен с входом ФВЧ, выход ФВЧ подключен к входу определителя 26 максимумов напряжения, а выход определителя 26 - к первому входу измерителя 28 временных интервалов. Выход определителя 27 перехода напряжения через нуль соединен с вторым входом измерителя 28 временных интервалов, выход которого подключен к первому входу сумматора 29, второй вход которого соединен с выходом датчика 25 азимута генераторных катушек. Выход сумматора 29 является выходом устройства.

В формирователе 10 балансно-модулированных колебаний генератор 11 низкой частоты соединен с входом ортогонального фазовращателя 12, первый выход которого соединен с первым входом первого балансного модулятора 13, этот же вход является третьим выходом формирователя 10 балансно-модулированных колебаний, второй выход ортогонального фазовращателя 13 подключен к первому входу второго балансного модулятора 14, одновременно являясь четвертым выходом формирователя 10, вторые входы балансных модуляторов соединены между собой и являются входом формирователя 10 балансно-модулированных колебаний, выход первого балансного модулятора 13 подключен к входу первого усилителя 15 мощности, выход которого является вторым выходом формирователя 10, выход второго балансного модулятора 14 подключен к входу второго усилителя 16 мощности, выход которого является первым выходом формирователя 10 балансно-модулированных колебаний.

В восстановителе 20 несущего колебания первый вход частотного смесителя 21 является первым входом восстановителя 20 несущих колебаний, а первый вход частотного смесителя 22 -

вторым входом восстановителя 20, вторым вход смесителя 21 является третьим входом восстановителя 20 несущего колебания, выходы смесителей 21 и 22 соединены с первым и вторым входами сумматора 23, выход которого является выходом восстановителя 20 несущих колебаний.

Устройство работает следующим образом.

Генератор 1 высокой частоты создает электрические синусоидальные колебания с частотой 0,4-2,5 МГц. Аналитическое выражение этих колебаний

$$U_1 = U_{m1} \cos \omega t, \quad (1)$$

где U_1 - мгновенное значение напряжения на выходе генератора 1;

U_{m1} - амплитуда колебаний;

ω - круговая частота колебаний;

t - текущее время.

Эти колебания подаются на входы балансных модуляторов 13 и 14 формирователя 10 балансно-модулированных колебаний. Генератор 11 низкой частоты этого формирователя создает электрические колебания с частотой 5-7 Гц. Эти колебания подаются на вход ортогонального фазовращателя 12, на выходах которого создаются два равных по амплитуде и сдвинутых по фазе на 90° напряжения U_2 и U_3 имеющие вид

$$\begin{aligned} U_2 &= U_m \cos \Omega t \\ U_3 &= U_m \cos \left(\Omega t + \frac{\pi}{2} \right) = U_m \sin \Omega t \end{aligned} \quad (2)$$

где U_m - амплитуда низкочастотных колебаний;

Ω - круговая частота колебаний.

Напряжения U_2 и U_3 подаются на другие входы балансных модуляторов 13 и 14. Балансные модуляторы 13 и 14 преобразуют колебания генератора 1 в два балансно-модулированных сигнала, т.е. в амплитудно-модулированные колебания, в которых отсутствует колебание несущей частоты ω генератора 1. При модуляции одним синусоидальным сигналом балансно-модулированное колебание имеет вид

$$\begin{aligned} U(t) &= E_m \cos \omega t \cos \Omega t = \\ &= \frac{1}{2} E_m \cos (\omega - \Omega) t + \\ &+ \frac{1}{2} E_m \cos (\omega + \Omega) t \end{aligned} \quad (3)$$

где $U(t)$ - мгновенное значение балансно-модулированного сигнала;

m - коэффициент модуляции;

E_m - амплитуда модулированного колебания;

ω и Ω - угловые частоты соответственно модулируемого и модулирующего сигналов.

На выходе балансного модулятора 13 будет получено балансно-модулированное колебание, имеющее вид

$$U_1(t) = U_{m1} m \cos \omega t \cos \Omega t \quad (4)$$

а на выходе балансного модулятора 14 колебание вида

$$U_2(t) = U_{m1} m \cos \omega t \sin \Omega t. \quad (5)$$

Балансные модуляторы 13 и 14 должны иметь равные коэффициенты модуляции m . С выходов модуляторов 13 и 14 колебания $U_1(t)$ и $U_2(t)$ подаются на усилители 15 и 16 мощности, имеющие одинаковые коэффициенты усиления. Усиленные колебания подаются на первую и вторую генераторные катушки 2 и 9. Формы токов, протекающих в катушках и представляющих собой балансно-модулированные колебания, изображены на фиг. 4. Каждый из токов будет создавать пульсирующее с частотой Ω высокочастотное электромагнитное поле, вектор напряженности магнитной компоненты которого направлен вдоль оси своей катушки. Результирующий вектор напряженности такой системы катушек будет вращаться с частотой, равной частоте Ω изменения огибающей балансно-модулированного колебания, вокруг линии пересечения этих катушек в плоскости перпендикулярной этой линии, причем амплитуда напряженности результирующего поля остается неизменной по величине. В области расположения приемных катушек 3 и 17, 4 и 18 будет создано электромагнитное поле, вектор горизонтальной составляющей магнитной компоненты которого вращается в плоскости, перпендикулярной оси скважины, с частотой Ω , причем величина этого вектора зависит от электрических свойств горных пород в окрестности приемных катушек, которые в свою очередь являются функциями глубины скважины и азимута направления вектора напряженности, т.е.

$$H_x = f(h, Q) \quad (6)$$

где H_x - амплитуда вектора напряженности горизонтальной составляющей магнитной компоненты поля;

h, Q - вертикальная и азимутальная координаты точки измерения в скважине.

Приемные катушки 3, 17 и 4, 18 преобразуют величины напряженностей поля в электрические сигналы, пропорцио-

нальные им. Поскольку оси катушек 3, 17 и 4, 18 попарно взаимно перпендикулярны, то сигналы в этих катушках будут сдвинуты между собой на 90° и также представлять собой балансно-модулированные колебания.

Сигналы в катушках 3 и 17 будут иметь вид

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= k H_{x1} \sin \omega t \cdot \cos \Omega t \\ \varepsilon_3 &= k H_{x1} \sin \omega t \cdot \sin \Omega t, \end{aligned} \quad (7)$$

где k - коэффициент пропорциональности, одинаковый для всех катушек, так как их параметры одинаковы;

H_{x1} - напряженность горизонтальной составляющей магнитной компоненты поля в точке расположения первой 3 и третьей 17 приемных катушек.

Сигналы в катушках 4 и 18 будут иметь вид

$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &= k H_{x2} \sin \omega t \cdot \cos \Omega t \\ \varepsilon_4 &= k H_{x2} \sin \omega t \cdot \sin \Omega t, \end{aligned} \quad (8)$$

где H_{x2} - напряженность горизонтальной составляющей магнитной компоненты поля в точке расположения второй 4 и четвертой 18 приемных катушек.

Сигналы приемных катушек поступают на входы первого 5 и второго 19 коммутаторных ключей, управляемых блоком 8 коммутации.

В первом такте измерения блок 8 коммутации подключает катушку 3 через ключ 5 к второму входу частотного смесителя 21, а катушку 17 через ключ 19 - к второму входу частотного смесителя 22. На первые входы частотных смесителей 21 и 22 подаются равные по амплитуде и сдвинутые по фазе на 90° колебания с первого и второго выходов ортогонального фазовращателя 12 формирователя 10 балансно-модулированных колебаний.

Частотные смесители 21 и 22 осуществляют функцию перемножения сигналов, поступающих на их входы.

Таким образом, на выходе первого смесителя 21 сигнал будет иметь вид

$$U_{\Sigma 1} = c k H_{x1} U_m \cos^2 \Omega t \cdot \sin \omega t \quad (9)$$

а на выходе второго смесителя 22

$$U_{\Sigma 2} = c k H_{x1} U_m \sin^2 \Omega t \cdot \sin \omega t \quad (10)$$

где c - масштабный коэффициент преобразования, одинаковый для обоих смесителей.

С выходов частотных смесителей 21 и 22 эти напряжения поступают на входы сумматора 23, в котором осуществляется суммирование напряжения $U_{\Sigma 1}$

и $U_{\Sigma 2}$. В результате суммирования имеем

$$\begin{aligned} U_{\Sigma} &= q (U_{\Sigma 1} + U_{\Sigma 2}) = \\ &= q c k H_{x1} U_m \sin \omega t (\cos^2 \Omega t + \sin^2 \Omega t) = \\ &= q c k H_{x1} U_m \sin \omega t \end{aligned} \quad (11)$$

где q - масштабный коэффициент.

Это напряжение поступает на вход избирательного усилителя 6, настроенного на первую гармонику несущего колебания. Усиленные и преобразованные колебания несущей частоты, амплитуда которых пропорциональна напряженности H_{x1} , подаются на вход делительной системы 7 время-импульсного типа.

Во втором такте измерения блок 8 коммутации отключает катушки 3 и 17 от частотных смесителей 21 и 22 и подключает к смесителю 21 через ключ 5 катушку 4, а к смесителю 22 через ключ 19 - катушку 18. Над сигналами ε_2 и ε_4 в восстановителе 20 несущего колебания выполняются те же преобразования, что и над сигналами ε_1 и ε_3 , в результате которых на выходе сумматора 23 получают колебания

$$U_{\Sigma 2} = q c k H_{x2} U_m \sin \omega t \quad (12)$$

Эти колебания после усиления и преобразования также подаются на вход делительной системы 7.

Делительная система 7, управляемая блоком 8 коммутации, осуществляет операцию деления напряжений $U_{\Sigma 1}$ и $U_{\Sigma 2}$ друг на друга. На выходе делительной системы 7 образуется напряжение, пропорциональное величине

$$P = \frac{|H_{x1}|}{|H_{x2}|}, \quad (13)$$

характеризующей затухание поля на участке между двумя парами катушек 3, 17 и 4, 18. Величина затухания P связана с удельным сопротивлением пород обратной зависимостью: чем ниже удельное сопротивление пород, тем больше величина затухания P .

Если приемные катушки устройства находятся в азимутально-неоднородной среде, например в трещинном коллекторе, то ввиду того, что вектор напряженности 46 (фиг. 3), а следовательно, и токовые линии 44 вращаются с частотой Ω вокруг оси скважины, затухание поля P будет являться периодической функцией азимута токовых линий и в средах с двумя осями анизотропии изменяться с частотой 2Ω . Таким образом, в спектре выходного сигнала делительной системы 7 будут присутст-

воват колебания с частотой 2Ω , т.е. с частотой 10-14 Гц. Эти колебания выделяются ФВЧ 24. Форма колебаний на выходе фильтра представлена на фиг.7, причем минимумы этой кривой соответствуют тем моментам времени, когда затухание поля минимально, т.е. токовые линии 44 (фиг.3) перпендикулярны трещинам 45, а максимумы - моментам времени, когда затухание максимально, т.е. токовые линии 44 направлены вдоль трещин 45, заполненных более проводящей пластовой водой.

Таким образом, минимумы и максимумы на кривой затухания поля соответствуют моментам совпадения токовых линий 44 с главными осями анизотропии, одна из которых совпадает с направлением простираания трещин 45, а вторая перпендикулярна ему.

Как следует из фиг.3 азимут направления простираания трещин α может быть найден из соотношения

$$\alpha = \beta + \gamma. \quad (14)$$

Для определения азимута β одной из генераторных катушек, например катушки 2, служит датчик 25 азимута, напряжение на выходе которого пропорционально углу β . Угол γ определяется следующим образом.

С помощью определителя 27 перехода напряжения через нуль определяются те моменты времени, когда вектор 46 напряженности поля перпендикулярен плоскости той генераторной катушки, азимут которой измеряется, в данном случае катушки 2, и следовательно, токовые линии 44 совпадают с плоскостью этой катушки. Определитель 27 перехода напряжения через нуль может быть построен по схеме, приведенной на фиг.2. Напряжение с третьего выхода формирователя 10 балансно-модулированных колебаний, являющееся модулирующим для тока катушки 9, подается на вход усилителя-ограничителя 37, которым преобразуется в двухполярное прямоугольное напряжение. Это напряжение дифференцируется дифференциатором 38, а диодом 39 выделяются импульсы положительной полярности, соответствующие моментам перехода синусоиды (фиг.5) через нуль в начале каждого периода. Форма напряжения на выходе определителя 27 приведена на фиг.8.

С помощью определителя 26 максимумов напряжения определяются те моменты времени, когда токовые линии 44

совпадают с направлением простираания трещин 45, т.е. с одной из осей анизотропии. Определитель 26 максимумов напряжения может быть построен по схеме, приведенной на фиг.2. На вход определителя 26 подается напряжение, пропорциональное затуханию поля P с выхода ФВЧ 24, форма которого приведена на фиг.7. Ортогональным фазовращателем 30 фаза этого напряжения сдвигается на 90° , усилитель-ограничитель 31 преобразует это напряжение в прямоугольное, дифференциатор 32 дифференцирует его, а первый диод 33 выделяет импульсы положительной полярности, соответствующие максимумам входного напряжения, следующие с частотой 2Ω . Триггер 34 осуществляет деление частоты следования этих импульсов на два. Второй дифференциатор 35 дифференцирует выходные импульсы триггера 35, а второй диод 36 выделяет импульсы положительной полярности, следующие непосредственно за моментами перехода напряжения на входе определителя 24 (фиг.6) через нуль. Форма напряжения на выходе определителя 26 максимумов показана на фиг.9. Временной интервал между импульсами на выходах определителей 26 и 27 пропорционален углу γ . Для преобразования этого временного интервала в напряжение, пропорциональное углу γ , служит измеритель 28 временных интервалов, построенный по схеме, приведенной на фиг.2. Импульсы с выхода определителя 27 перехода напряжения через нуль поступают на второй вход измерителя 28 и открывают ключ 40, подключающий источник 41 эталонного напряжения на вход интегратора 42. Импульсы с выхода определителя 26 максимумов закрывают ключ 40 и отключают источник 41 от входа интегратора 42. Таким образом, на выходе интегратора 42 формируются импульсы с нормированной амплитудой и длительностью, пропорциональной временному интервалу между входными импульсами измерителя 28. Форма импульсов на входе интегратора 42 показана на фиг.10. Интегратор 42 преобразует последовательность этих импульсов в напряжение постоянного тока, пропорциональное углу γ .

Сумматор 29 осуществляет операцию суммирования напряжений, пропорциональных углам β и γ , в соответствии с

соотношением (14). На выходе сумматора 29 создается напряжение постоянного тока, пропорциональное азимуту малой оси анизотропии. Азимут большой оси анизотропии отличается от азимута малой на 90° .

В процессе измерений скважинный прибор центрируется так, чтобы его ось совпадала с осью скважины.

Предлагаемое устройство в отличие от известного позволяет выделять в разрезах скважин азимутально неоднородные среды (например трещинные коллекторы) и определять азимуты главных осей анизотропии этих сред, что дает возможность выявлять зоны трещиноватости и определять направления простирания главных систем трещин, как по глубине, так и по нефтегазоносной площади, т.е. получать ценную информацию о строении нефтяной залежи.

Формула изобретения

1. Устройство для электромагнитного каротажа скважин, содержащее генератор высокой частоты, первую генераторную катушку, первую и вторую приемную катушку, первый коммутаторный ключ, избирательный усилитель, делительную систему и блок коммутации, причем первая и вторая приемные катушки соединены с управляемыми входами первого коммутаторного ключа, управляющий вход первого коммутаторного ключа соединен с первым выходом блока коммутации, выход избирательного усилителя подключен к первому входу делительной системы, второй вход делительной системы соединен с вторым выходом блока коммутации; о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью расширения функциональных возможностей устройства за счет выделения трещинных коллекторов и измерения азимутов главных осей их электрической анизотропии, дополнительно введены вторая генераторная катушка, формирователь балансно-модулированных колебаний, третья и четвертая приемные катушки, второй коммутаторный ключ, восстановитель несущего колебания, фильтр верхних частот, датчик азимута генераторных катушек, определитель максимумов напряжения, определитель перехода напряжения через нуль, измеритель временных интервалов и сумматор,

причем оси первой и второй генераторных катушек взаимно перпендикулярны, генератор высокой частоты подключен к входу формирователя балансно-модулированных колебаний, первый выход формирователя соединен с первой генераторной катушкой, второй - с второй генераторной катушкой, третий - с первым входом восстановителя несущего колебания, четвертый - с вторым входом восстановителя несущего колебания, оси третьей и четвертой приемных катушек взаимно перпендикулярны соответственно осям первой и второй приемных катушек, третья и четвертая приемные катушки соединены с управляемыми входами второго коммутаторного ключа, управляющий вход которого подключен к третьему выходу блока коммутации, выход первого коммутаторного ключа соединен с третьим входом восстановителя несущего колебания, а выход второго ключа - с его четвертым входом, выход восстановителя несущего колебания подключен к входу избирательного усилителя, выход делительной системы соединен с входом фильтра верхних частот, выход фильтра подключен к входу определителя максимумов напряжения, выход определителя максимумов напряжения соединен с первым входом измерителя временных интервалов, вход определителя перехода напряжения через нуль подключен к третьему выходу формирователя балансно-модулированных колебаний, выход определителя перехода напряжения через нуль подключен к второму входу измерителя временных интервалов, выход измерителя временных интервалов соединен с первым входом сумматора, выход датчика азимута генераторных катушек подключен к второму входу сумматора, а выход сумматора является выходом устройства.

2. Устройство по п.1, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что формирователь балансно-модулированных колебаний включает в себя генератор низкой частоты, ортогональный фазовращатель, первый и второй балансный модулятор, первый и второй усилители мощности, причем выход генератора низкой частоты соединен с входом ортогонального фазовращателя, первый выход которого соединен с первым входом первого балансного модулятора, этот же вход является третьим выходом формирователя балансно-модулированных колебаний,

второй выход ортогонального фазовращателя подключен к первому входу второго балансного модулятора, который является четвертым выходом формирователя, вторые входы балансных модуляторов соединены между собой и служат входом формирователя, выход первого балансного модулятора подключен к входу первого усилителя мощности, выход которого является вторым входом формирователя, выход второго балансного модулятора подключен к входу второго усилителя мощности, выход которого служит первым выходом формирователя.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что восстановитель несущего колебания включает в себя первый и второй частотные сме-

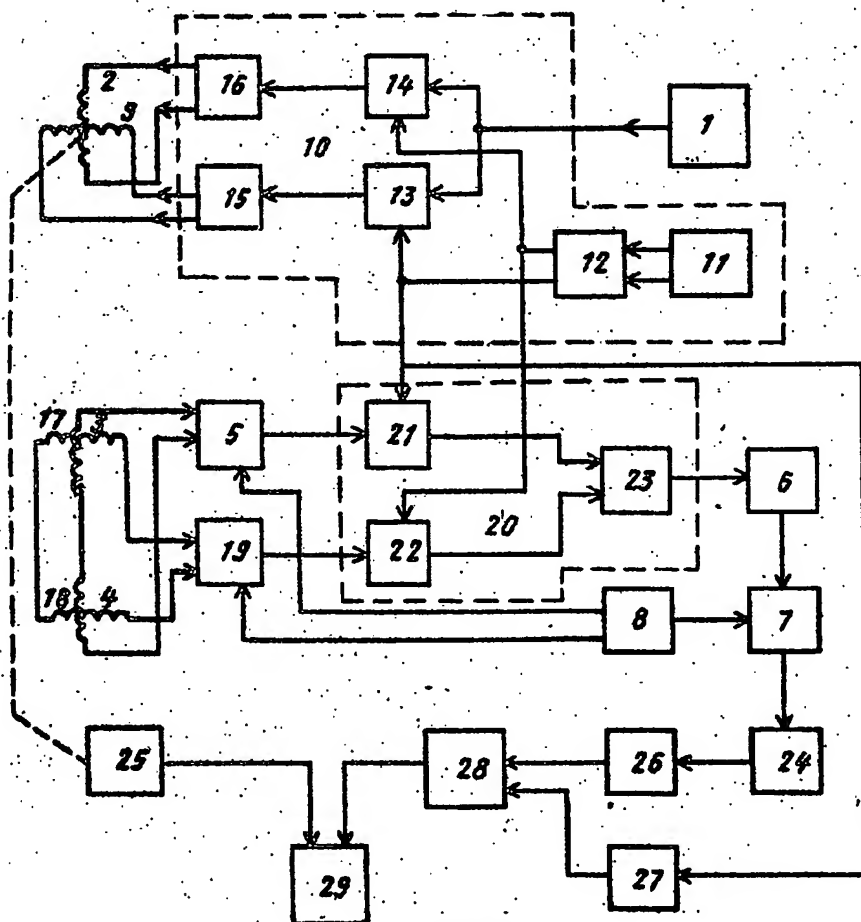
сители и сумматор, причем первые входы частотных смесителей являются соответственно первым и вторым входами упомянутого детектора, а вторые входы соответственно третьим и четвертым его входам и выходы смесителей соединены с первым и вторым входами сумматора, выход которого является выходом восстановителя несущего колебания.

Источники информации,

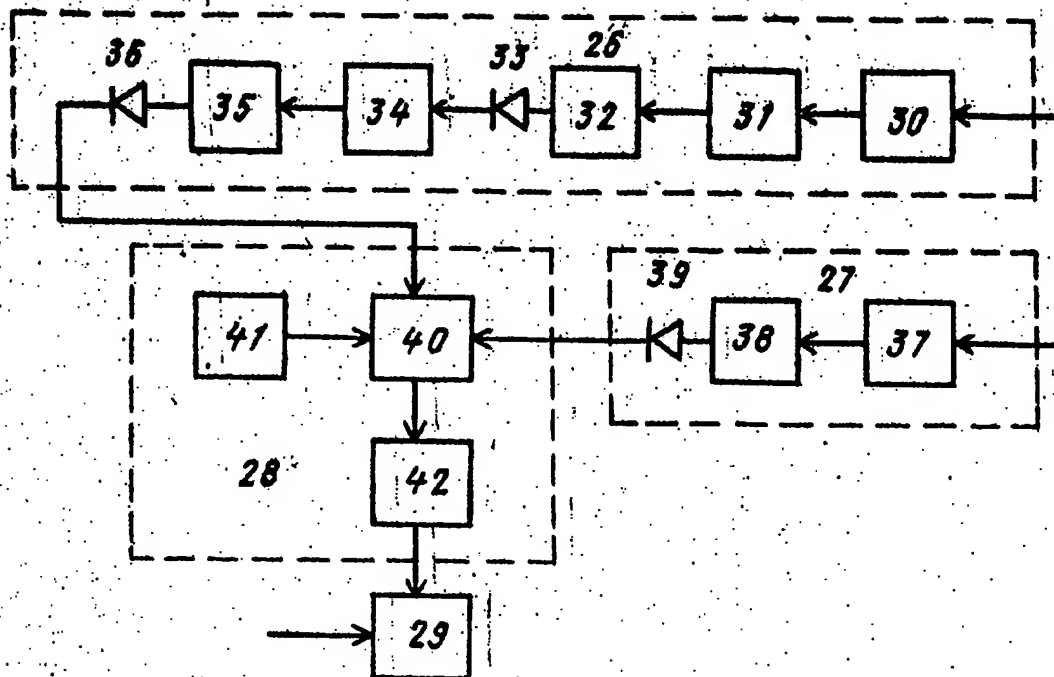
принятые во внимание при экспертизе

1. Светов Б.С. и др. Рудная электроразведка по методике эллиптически поляризованного поля, М., "Недра", 1969, с.28-44.

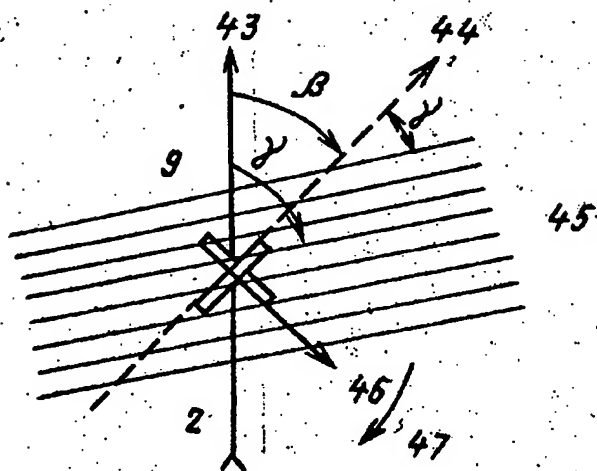
2. Авторское свидетельство СССР № 313966, кл. Е 21 В 47/00, 1970 (прототип).



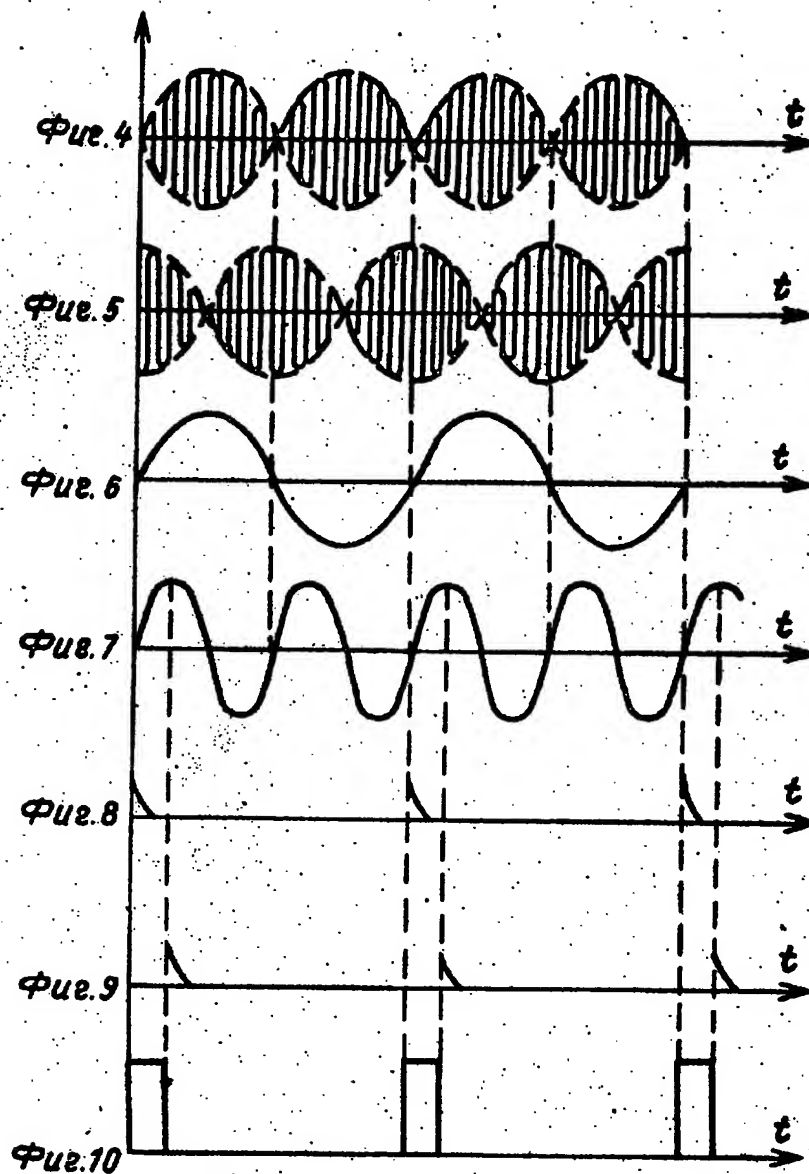
Фиг.1



Фиг. 2



Фиг. 3



Редактор В.Иванова
 Составитель Л.Воскобойников
 Техред О.Неце
 Корректор О.Билак
 Заказ 1150/69
 Тираж 708
 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.